

УДК 553.068.7

Ф. И. ВОЛЬФСОН, В. В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ

К ВОПРОСУ ОБ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ СУЛЬФИДНЫХ МЕТАМОРФОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В последнее время в советской и зарубежной геологической литературе появляется немало работ, в которых высказывается представление о метаморфогенном происхождении сульфидных месторождений, залегающих в метаморфических и других породах. Однако, при этом критически не рассматриваются взгляды основоположников этих представлений и не анализируются сами теоретические основы метаморфогенного рудообразования. В предлагаемой статье делается попытка кратко рассмотреть взгляды трех наиболее крупных представителей мнения о метаморфогенных сульфидных месторождениях—Г. Шнейдерхена, Н. Г. Судовикова и В. С. Домарева—и путем сопоставления их научных представлений, с учетом нового фактического материала, проанализировать всю рассматриваемую проблему.

Представление Г. Шнейдерхена о метаморфогенном рудообразовании

Согласно Г. Шнейдерхену [7], «к метаморфическому циклу относятся все преобразования и новообразования, которые существенно изменили минеральный состав и структуру пород и месторождений в глубоких частях земной коры. Эти изменения могли быть полными или частичными, статическими, динамическими или кинетическими, с привнесом новых веществ или без него, причем в процессе всех этих изменений породы в основном сохраняют твердое состояние». Г. Шнейдерхен отмечает, что с повышением температуры многие рудные и сопровождающие их нерудные минералы становятся неустойчивыми—образуют новые высокотемпературные минералы и комплексы. Некоторые рудные минералы вступают в реакцию друг с другом и с минералами вмещающих пород, образуя новые минералы или замещая друг друга. При всех разновидностях кинетического метаморфизма внешние формы рудных тел подвергаются глубокому изменению, так как руды и породы имеют разные плотности, прочности и способности к деформации. Поэтому всякое дифференциальное движение действует на них различно и часто основательно изменяет формы рудных тел, вплоть до превращения жил в «эшелонированно» расположенные линзы и т. д. В результате таких изменений часто нельзя вскрыть первичный генезис месторождений. В результате сульфидные парагенезисы, измененные в результате метаморфизма под воздействием высокой температуры, статического давления, или кинетического движе-

ния, настолько похожи на гидротермальные, что их трудно различить. К метаморфическим Г. Шнейдерхен относит лишь месторождения, в которых метаморфические признаки преобладают над всеми другими, а первичные признаки завуалированы или уничтожены. Обычно это относится к докембрийским месторождениям. В целом формирование метаморфогенных месторождений, согласно Г. Шнейдерхену, может зависеть от четырех причин:

1. При изменении температуры (например, при региональном погружении). В этих условиях рудный метаморфизм происходит раньше и как бы опережает метаморфизм пород. Обратный же подъем вызывает понижение температуры и изменение минеральных парагенезисов в обратном направлении.

2. Механическое напряжение обуславливается всесторонним давлением и вызывает внутреннее движение частей минеральных агрегатов пород, что приводит к деформации отдельных минералов и перемещению отдельных зерен относительно друг друга.

3. Изменение давления—статическое. Это давление обычно равномерно увеличивается с глубиной и находится в связи с увеличением температуры при региональном погружении территории.

4. В результате привноса и выноса вещества, освобожденные в процессе подлинного метаморфизма пары, газы, растворы и расплавы могут входить во взаимодействие с чуждыми породами и месторождениями, проникая в них, и настолько объединяться с их компонентами, что локально или регионально могут возникнуть совершенно новые образования. Согласно Г. Шнейдерхену, региональный привнос легче всего может происходить в областях фундамента, где господствует анатексис (частичное расплавление), мигматизация и гранитизация. Все метаморфогенные месторождения Г. Шнейдерхен делит на 3 группы:

I. Контактново-метаморфические.

II. Метаморфические в кристаллических сланцах, образование которых обусловлено нагрузкой, дислокационным и региональным метаморфизмом.

III. Полиметаморфические областей фундамента, анатексиса, гранитизации, инъекционного метаморфизма и вообще метаморфической мобилизации вещества.

Месторождения первых двух групп, выделенных Г. Шнейдерхеном, возникли до явлений метаморфизма—контактового и регионального. Метаморфизм этих месторождений не повлиял на состав металлических компонентов. В связи с этим, такие месторождения с полным правом могут быть отнесены к типу метаморфизованных.

К собственно метаморфогенным очевидно могут быть отнесены месторождения третьей группы, для которых характерен привнос и вынос металлов и которые возникают в результате мобилизации вещества. По данным Г. Шнейдерхена, метаморфически мобилизованные растворы не уходят далеко в перекрывающие фундамент породы. Источником рудного вещества являются породы, подвергавшиеся метаморфизму.

Анализируя условия формирования месторождений III группы, Г. Шнейдерхен подчеркнул, что неоднократно подвергавшиеся процессам метаморфизма месторождения докембрийских щитов часто отличаются очень сложным химическим и минеральным составом. Многократный дислокационный, региональный и контактовый метаморфизм, инъецирование пород различными расплавами, воздействие на них привносимых высокотемпературных минеральных и рудных растворов, мобилизация более летучих компонентов (H_2O , CO_2 , S, Cl, F и тяжелых металлов) в областях с особо высокой температурой и их миграция в направлении падения температуры и давления, анатексис всего комплекса пород, наряду с мобилизацией компонентов расплава, наконец, переплавление большей части пород и перекристаллизация с привносом новых веществ, будут способствовать формированию рассматриваемых месторождений. Во время таких процессов металлы могут частично или полностью сохраниться, но могут «во всяком случае частично» быть мобилизованы с миграцией в другое место. Агентами миграции и переноса при этом служат щелочи и повышение температуры. Все это является одной из причин конвергенции этих месторождений с гидротермальными.

В рассматриваемой группе месторождений встречаются необычайно богатые минералами парагенезисы руд и множество рудных и жильных минералов в одном месторождении, причем выпадающих из нормальных рядов и очень редких, нигде не встречающихся минералов. Примеры — шведские скарновые руды, руды Брокен-Хилла в Австралии или крупные месторождения золота и меди в Лаврентьевском щите Канады и США. Богаты разнообразными минералами также такие месторождения, как Болиден и Лангсбан в Швеции и месторождение Франклин-Нью Джерси в США.

Выделяя кратко охарактеризованные выше месторождения третьей группы, Г. Шнейдерхен не высказывает критических замечаний по условиям формирования гидротермальных месторождений. Он считает, что эти месторождения формируются параллельно и независимо, но отличить метаморфогенные месторождения от гидротермальных очень трудно.

Анализируя изложенные данные, мы считаем необходимым высказать по ним некоторые замечания. Прежде всего необходимо отметить, что данные изучения рудоносных районов дают основание для заключения, что в доорогенный период, до проявления складчатости, сульфидных месторождений в действительности не возникает. Все они образованы в самые поздние этапы формирования складчатых областей, когда основные этапы метаморфизма закончились (регионального, контактового), кроме динамометаморфизма, связанного с продолжающимися тектоническими движениями по разрывным нарушениям.

Анализируя историю формирования таких месторождений, как Брокен-Хилл в Австралии и Сулливан в Канаде, приходим к выводу, что руды этих месторождений отложились значительно позднее по отношению к основным этапам метаморфизма, а наблюдаемая связь между ними оказывается только лишь пространственной. На обоих упомянутых мес-

торождениях руды сформировались не только после того как вмещающие породы были подвергнуты метаморфизму, смяты в складки и разбиты разрывными нарушениями, но также и после того, как эти дислоцированные слоистые толщи были пересечены дайками основных интрузивных пород.

Отмеченные Г. Шнейдерхеном особенности рудного метаморфизма, связанные с большей к нему чувствительностью рудных и некоторых нерудных минералов по сравнению с силикатами, карбонатами и окислами и выражающиеся в неустойчивости сульфидов, в реакциях их друг с другом и минералами вмещающих пород, в распаде минералов, в перекристаллизации колломорфных текстур и структур, в различных формах каклаза и т. д.—все эти явления весьма характерны для гидротермальных месторождений, образованных в самые поздние этапы развития геосинклинальных областей, или к концу активизации платформ и щитов, когда породы уже претерпели основные стадии регионального, дислокационного и другие виды метаморфизма. Соответственно упомянутые преобразования оказываются характерными для собственно гидротермальных месторождений, не подвергающихся глубинному метаморфизму. Все эти преобразования происходят в связи с затуханием гидротермальной деятельности, т. е. постепенного падения температуры, давления, а также измененя состава и других физико-химических параметров растворов, на фоне изменения условий формирования рудо локализуемых разрывов в связи с внутрирудным трещинообразованием и т. д.

В отношении же изменения колломорфных текстур и структур известно, что они меняются и без метаморфизма—в результате старения коллоидов и их перекристаллизации. Структуры перекристаллизации могут быть связаны с динамометаморфизмом, проявляющимся лишь вдоль разрывных нарушений, возникающих или подновляющихся в процессе минерализации, не говоря уже об изменении физико-химических условий рудоотложения, которые вызывают и распад многих соединений, распад твердых растворов и реакции между минералами в твердом состоянии и т. д.

Выделяя группы метаморфических месторождений, Г. Шнейдерхен основным источником металлов для них считает вмещающие породы, в которых содержание цветных металлов не превышает кларковые и, видимо, реже—более древние месторождения различного генезиса. Соответственно, по представлениям этого автора, процессы метаморфизма (контактовый, региональный, дислокационный, нагрузки и др.) оказываются способными мобилизовать, т. е. извлекать эти металлы из пород и обуславливать появление термальных вод с достаточными для образования месторождений концентрациями металлов. То есть процессы образования месторождений тяжелых металлов протекают в земной коре, которая в то же время, согласно Г. Шнейдерхену, является и источником металлов. Соответственно упомянутый автор отрицает при рудообразовании роль глубинных процессов дифференциации масс. Видимо, в связи с этим Г. Шнейдерхен не придает значения глубинным расколам, последова-

тельности их развития во времени, последовательности развития вдоль них магматизма и оруденения, с чем согласиться никак нельзя.

Взгляды Н. Г. Судовикова на генезис метаморфогенных месторождений

Идея формирования метаморфогенных сульфидных месторождений, высказанная Г. Шнейдерхеном, нашла большое число сторонников как среди зарубежных, так и советских геологов. Наиболее глубоко эта проблема разработана Н. Г. Судовиковым [6], на представлении которого мы кратко остановимся ниже.

Н. Г. Судовиков приходит к выводу, что региональный метаморфизм может производить огромное количество растворов, действующих в течение крайне больших периодов. Вода в неметаморфизованных породах находится в сорбированной форме, а также в составе гидроксилсодержащих минералов. Некоторые породы содержат до 50% сорбированной воды. Под влиянием градиента давления вода может десорбироваться и приобрести способность к движению. Растворы эти иногда содержат существенные количества металлов и могут активно участвовать в гидротермальном рудообразовании. В распределении и движении метаморфогенных рудоносных растворов, по данным Н. Г. Судовикова, наряду с тектоническими факторами, большая роль принадлежит интрузиям, нарушающим расположение изотермических поверхностей и создающим резкие перепады температуры и таким образом подчиняющим движение растворов своему тепловому воздействию на вмещающие породы. Обилие растворов в верхней структурной зоне возникает не только за счет вадозовых десорбированных вод, но и за счет притока растворов, возникающих в более глубоких зонах, где происходят метаморфические реакции и дегидратации. Поэтому вопрос о связи компонентов растворов с вмещающими породами не всегда можно решить просто.

Наибольшие количества растворов, возникающих при метаморфическом минералообразовании, по Н. Г. Судовикову, соответствуют уровню эпидот-амфиболитовой фации, где происходит разрушение наиболее богатых водой минералов (хлорит, серпентин) в зоне гранитизации, где резко уменьшается количество гидроксилсодержащих минералов. Н. Г. Судовиков предполагает, что на общем фоне генерирующихся растворов выделяются 3 фронта их мобилизации.

1. На уровне начинающегося метаморфизма, где растворы формируются за счет отжимания.
2. На границе эпидот-амфиболитовой фации.
3. На фоне гранитизации.

Движение растворов осуществляется во время последовательного метаморфизма и непрерывно поддерживается в процессе прогрессивной стадии увеличения температуры и выделения метаморфических растворов в разных зонах при реакциях дегидратации. Этот процесс продол-

жается видимо десятки миллионов лет в соответствии с длительностью эпох геосинклинального развития.

Обособление метаморфогенных растворов в глубоких зонах, согласно Н. Г. Судовикову, происходит в больших массах пород, подвергающихся метаморфизму, где для них характерно тонкое межгранулярное распределение, а движение их в верхней структурной зоне происходит по разрывным нарушениям.

Н. Г. Судовиков предполагает, что метаморфогенные растворы могут возникать в нескольких зонах метаморфизма, генерирующих их. В этом случае трудно определить дистанцию переноса этих растворов. В тех случаях, когда отсутствуют данные для суждения о развитии регионального метаморфизма на глубине, миграция растворов происходит на близкое расстояние из зон, соответствующих фациям низких степеней метаморфизма. То же происходит в участках, глубокие части которых сложены древними кристаллическими образованиями, слабо реагирующими при метаморфизме. Покров молодых образований, согласно Н. Г. Судовикову, подвергается метаморфизму низших ступеней. Среди факторов, контролирующих процессы мобилизации и отложения веществ, согласно данным упомянутого автора, наибольшее значение имеет температурный режим. Повышение его вызывает мобилизацию, понижение—отложение. При региональном метаморфизме колебание температур обусловлено тектоническими движениями (вертикальными). Погружения в общем отвечают первым этапам геосинклинального развития, а инверсионные движения преимущественно происходят в период образования гранитов и малых интрузий. С инверсионными движениями, по Н. Г. Судовикову, связано общее охлаждение, что и является причиной регрессивного минералообразования. Для периода общего постепенного охлаждения, происходящего в отдельных структурных зонах или во всем подвижном поясе, характерно совпадение во времени ряда явлений—образование последних гранитных больших интрузий, малых интрузий, главной массы гидротермальных месторождений. Регрессивный характер минералообразования существенно не нарушается тепловым действием интрузий. «Такие условия являются благоприятными для отложения рудного вещества. Если его накопление происходит с помощью мигрирующих кверху метаморфогенных растворов, то отложение в верхней зоне под действием падающей температуры обязательно должно происходить в регрессивном периоде, т. е. во время образования малых интрузий и оно должно быть постмагматическим по отношению к большим гранитным интрузиям» [6].

В связи с тем, что Н. Г. Судовиков считает главным фактором отложения рудного вещества понижение температуры, то нельзя предполагать, что оно происходит одновременно с магматическими интрузиями. Рудообразование должно быть постмагматическим, хотя генетически с интрузиями оно и не связано. Регрессивностью метаморфизма Н. Г. Судовиков объясняет и прерывистое, пульсационное формирование месторождений. Основным фактором, контролирующим минералообразование,

согласно Н. Г. Судовикову, являются тектонические движения. Вследствие дифференциального характера этих движений структурные зоны подвижного пояса перемещаются неоднократно. В опущенных блоках могут возникнуть более высокотемпературные минеральные образования. Такие обратные движения могут нарушать не только некоторый порядок в рудоотложении, но и «всю систему отчасти зависимых друг от друга явлений мобилизации, миграции и отложения».

Подобные же нарушения последовательности минералообразования следует ожидать и от разогрева пород поздние или посторогенными интрузиями на регрессивной стадии. Н. Г. Судовиков подчеркивает, что новые исследования глубинных зон не позволяют произвольно оперировать высокими содержаниями летучих компонентов в магме. Среда, в которой формируется гранитная магма, относительно сухая и поэтому нельзя предполагать, что содержащейся в магме воды могло быть достаточно для развития гидротермального процесса. Н. Г. Судовиков отмечает, что рудоотложение в контактах интрузий проявляется независимо от магматической дифференциации в связи с процессами метаморфизма. Автор не согласен, что пространственная связь оруденения с интрузиями выражает генетическую связь. По его данным, эта пространственная связь вызвана тем, что контактные зоны интрузий характеризуются резким перепадом температуры и поэтому являются наиболее благоприятными участками для рудоотложения, что еще увеличивается тектонической анизотропией, проявленной на контакте.

Так как интрузивные массы проникают по глубоким разломам, то некоторые их контактные зоны могут быть хорошими проводниками для миграции вещества с больших глубин.

Согласно Н. Г. Судовикову, нельзя игнорировать возможность проникновения метаморфогенных растворов в еще неохлажденную интрузию. Нагретые растворы могут обладать повышенной способностью к приобретению компонентов интрузии, переносу их и переотложению. Полностью консолидированные и охлажденные интрузии могут явиться источником рудного регионального метаморфизма. В условиях геосинклинального развития отдельные структурные зоны испытывают очень медленные вертикальные движения. В процессе погружения в течение большого периода происходит последовательный прогрессивный метаморфизм с образованием растворов, фильтрующихся кверху постепенно и одновременно с погружением. Процесс приводит к скоплению метаморфогенных растворов в верхней зоне слабого метаморфизма. Н. Г. Судовиков [6] в целом определяет условия эндогенного рудообразования следующим образом: «Таким образом, проявление метаморфогенного рудообразования в какой-либо структурной зоне подвижного пояса находится в полной зависимости от тектонического развития этой зоны, от ее строения и изменения состава пород в вертикальном разрезе. Рудоносных растворов будет накапливаться больше в тех зонах, которые испытывали в период прогрессивного метаморфизма медленное погружение и сложены на значительную глубину осадочно-вулканогенными отложениями. Так

как рудоотложение сосредотачивается главным образом в верхних горизонтах структурных зон, следует ожидать широкого проявления гидротермального рудообразования в областях, отличающихся не слишком глубокой эрозией и слабым проявлением регионального метаморфизма». Согласно представлениям Н. Г. Судовикова, благоприятные перспективы характерны не для всех зон, отличающихся слабым проявлением регионального метаморфизма. В пределах подвижных поясов выделяются зоны, имеющие различное глубинное строение, причем разрезы некоторых зон в значительной части представлены кристаллическим основанием из древних пород, метаморфизованных в предшествующие эпохи орогенеза. «...Производительность такого фундамента в отношении генерации метаморфогенных растворов при повторном метаморфизме может быть сильно ограничена в зависимости от степени предшествующего изменения. Поэтому молодые покровные образования, даже если они слабо метаморфизованы, могут быть неперспективными».

В пределах подвижных поясов встречаются стабильные массы (например, срединные массивы), не испытывающие значительных вертикальных смещений. Они тоже мало перспективны, хотя их отложения могут быть слабо метаморфизованы.

Большие масштабы образования и длительные действия метаморфогенных растворов заставляют допускать возможность мобилизации и миграции больших количеств рудного вещества даже при малом его содержании в метаморфизируемых растворах. В целом Н. Г. Судовиков считает, что из всех геологических явлений региональный метаморфизм выделяется наибольшей производительностью в части генерации эндогенных гидротермальных растворов. Из кратко изложенных представлений Н. Г. Судовикова по условиям образования гидротермальных месторождений следует, что, анализируя данный вопрос, им высказан ряд интересных и важных идей, которые несомненно должны учитываться при анализе проблем эндогенного рудособразования. Вместе с тем, сопоставляя имеющиеся данные по условиям образования гидротермальных месторождений во всех основных рудоносных провинциях СССР и других стран, с основными положениями Н. Г. Судовикова согласиться нельзя.

Из изложенного следует, что Н. Г. Судовиков развивает идеи Г. Шнейдерхена в вопросе о метаморфогенном рудообразовании. Правда, при этом он не анализирует вопрос о метаморфизме ранее возникших месторождений или, что то же самое, не разбирает вопрос о месторождениях, подвергнутых метаморфизму.

Наши возражения по основным представлениям Н. Г. Судовикова сводятся к следующему:

1. Все известные гидротермальные месторождения образуются значительно позднее (на многие сотни миллионов лет) по отношению к региональному и в том числе к прогрессивному и регрессивному метаморфизму, после неоднократных инверсий. Оруденение возникает не в процессе складчатости, а после складчатости в полуплатформенный и платформенный этапы развития складчатых областей. При этом оруденение

накладывается на породы, подвергнутые различным ступеням метаморфизма, включая и гранитизацию.

2. Обосновывая условия образования метаморфогенных месторождений, автор не учитывает историю геологического развития рудоносных площадей и неправильно отмечает, что в этих областях имеет место совпадение во времени крупных гранитных интрузий, малых интрузий и главной массы гидротермальных месторождений. В действительности во всех рудоносных провинциях установлено, что все эти геологические образования возникают в различные периоды развития складчатых областей и активизированных платформ, причем оруденение возникает позднее внедрения изверженных пород в период ослабления тектонических движений, или, как по этому вопросу писал В. К. Котульский [5], «на волне затухающей тектоники».

3. Н. Г. Судовиков правильно отмечает, что гидротермальное оруденение возникает после становления крупных массивов гранитоидов, в некоторых случаях этот разрыв составляет многие десятки миллионов лет, но оно обычно возникает также и позднее малых интрузий. Однако сам по себе факт отсутствия генетической связи оруденения с конкретными интрузивными массивами не дает основания для заключения, что рудоносные растворы не являются продуктами магматизма, а связаны с региональным метаморфизмом, который обычно значительно предшествует во времени магматическим и рудным процессам.

4. Положение Н. Г. Судовикова о том, что гранитная магма является сухой и что содержащейся в ней воды недостаточно для развития гидротермального процесса, является необоснованным. Это тем более нельзя отнести к развивающимся глубинным магматическим очагам, с которыми очевидно и связано оруденение.

5. Нельзя также согласиться с положением, отстаиваемым Н. Г. Судовиковым, что молодые покровные образования, залегающие на фундаменте, являются неперспективными так же как и срединные массивы. В действительности на активизированных платформах среди этих образований в благоприятных тектонических условиях и при наличии надрудных толщ возникают крупные промышленные месторождения многих металлов. То же относится к срединным массивам, которые в действительности, при условии проявления в их пределах разрывных нарушений и продуктов магматизма, характеризуются развитием важных эндогенных месторождений многих металлов.

О представлениях В. С. Домарева по условиям образования метаморфогенных месторождений

В. С. Домарев неоднократно выступал в печати по условиям образования метаморфогенных сульфидных и других месторождений, но особенно глубоко этот вопрос он проанализировал в двух работах [1, 4]. В первой из них В. С. Домарев отмечал, что процессы, протекающие в рудных залежах при региональном метаморфизме, во многом сходны с гид-

ротермальными процессами и поэтому типичные проявления метаморфизма часто принимают за гидротермальные образования.

Согласно В. С. Домареву [1], явления, происходящие при регионально-метаморфическом рудообразовании, в основном, сводятся к следующему:

1) перекристаллизация рудных компонентов, часто с образованием новых рудных минералов;

2) перенос и переотложение материала руд и пород с широким проявлением метасоматоза;

3) механическая деформация в рудах.

Все это ведет к перераспределению рудных компонентов, к образованию жиллок альпийского типа, шшироподобных выделений и других минеральных тел и в отдельных случаях может обусловить возникновение метаморфических рудных залежей». Метаморфогенные месторождения могут возникнуть лишь в том случае, если вмещающие их породы подверглись метаморфическим изменениям. Миграция веществ при метаморфизме нередко следует по тектонически нарушенным зонам, и минеральные образования, в частности секретонные жилы, нередко контролируются теми или иными структурными элементами. Вместе с тем крупные дизъюнктивные нарушения обычно не несут метаморфогенной минерализации. В. С. Домарев в своей работе пришел к выводу, что рудное вещество в метаморфогенных месторождениях заимствуется только из вмещающих пород и не поступает из глубин. Им были предложены критерии отличия метаморфогенных месторождений от гидротермальных. Однако нами было показано, что этими критериями в практической деятельности пользоваться невозможно. В. С. Домарев согласился со сделанными замечаниями и в дискуссионной статье по учебному пособию П. М. Татарнинова (1962) отмечает следующее: «По вопросу о критериях различения метаморфогенных и гидротермальных месторождений убедительных данных не имеется» [3]. В более поздней работе, в развитие ранее высказанных идей, а также идей Г. Шнейдерхена, В. С. Домарев [4] более подробно останавливается на условиях образования метаморфогенных месторождений и выделяет среди них две группы: 1. Метаморфогенно-осадочные и 2. Вулканоогенно-осадочные.

В первую из них он включает не только большую часть так называемых телетермальных месторождений, но, ссылаясь на Л. В. Пустовалова (1961), также и высокотемпературные образования.

Во вторую группу, ссылаясь на Г. С. Дзоценидзе (1965), он включает так называемые эксгалационно-осадочные месторождения. В. С. Домарев, отстаивая представления о необходимости отнесения главной массы эндогенных месторождений к метаморфогенным образованиям, высказывает критические замечания в адрес гидротермальной теории, разработанной В. Линдгреном и др. Эти замечания сводятся к следующему:

1) недоказанность (сомнительность) генетической связи гидротермальных рудных залежей с обнажающимися в рудных районах интрузиями, что по данным В. С. Домарева впервые высказано С. С. Смирновым,

2) необходимость учета данных гидрогеологических исследований, которые позволяют заключить о незначительной роли ювенильных вод, принимающих участие в процессах, протекающих в литосфере.

3) необходимость принять к сведению современные представления согласно которым гранитоиды (исключая дифференциаты основных магм) возникают за счет пород литосферы, в общем уже претерпевших региональный метаморфизм и обезвоженных. Соответственно образование гранитоидов не сопровождается отделением более или менее существенных количеств термальных вод.

Вполне реальным и достоверным источником металлов, согласно В. С. Домареву, следует считать осадочные и эффузивно-осадочные толщи, подвергавшиеся вторичным изменениям. Регенерированные из этих толщ воды могут быть двух типов:

1) воды, захороненные в поровых пространствах осадочных образований;

2) воды, освобожденные при гидратации гидроксилсодержащих соединений.

Согласно В. С. Домареву, освобождение захороненных вод, количество которых в песчаных и глинистых осадках может достигать десятков процентов, в значительной степени происходит в процессе диагенеза и продолжается также и при метаморфизме. Регенерация же вод из гидроксилсодержащих минералов имеет место на разных стадиях прогрессивных метаморфических изменений пород. Метаморфогенные растворы при своем возникновении пропитывают породы и миграция растворенных в них веществ, по В. С. Домареву, происходит путем диффузии; при наличии же трещин, они могут перемещаться на значительные расстояния и образовывать эпигенетические залежи различной формы. Именно таким образом образовалось большинство гидротермальных месторождений. При этом В. С. Домарев отмечает, что источником крупных месторождений могут быть не зеленокаменные породы, а породы более высоких степеней метаморфизма. В отличие от представлений Г. Шнейдерхена, В. С. Домарев считает, что освобождающиеся растворы удаляются от места их возникновения на значительное расстояние.

По условиям формирования В. С. Домарев выделяет две группы месторождений:

1. Минеральные образования типа альпийских жил, перекристаллизованных залежей, возникшие из материала вмещающих пород и перенесенные на незначительное расстояние.

2. Месторождения, образованные растворами, перемещенными на значительные расстояния, частично из зон метаморфизма более высоких степеней. В эту группу входит большинство средне- и низкотемпературных месторождений жильной формы, или прожилково-вкрапленных руд преимущественно цветных, редких и малых металлов, приуроченных к зонам смятия.

В. С. Домарев к метаморфическим месторождениям не относит вулканогенно-осадочные и другие рудные концентрации, генетически связан-

ные с эффузивным процессом, источником металлов которых являются субвулканические очаги. Источником металлов и других компонентов их руд могут быть породы литосферы, а агентами переноса и переотложения — воды, выделившиеся из пород, или вадозные воды, активизированные в вулканических областях.

В. С. Домарев приходит к выводу, что к минеральным образованиям, главным источником рудного вещества которых являются глубокие магматические очаги, помимо эксгаляционных и вулканогенно-осадочных месторождений, в настоящее время с достаточным основанием можно отнести метасоматические сульфидные и сульфидно-баритовые залежи типа колчеданных месторождений Урала, а также колчеданных и сульфидных (свинцово-цинковых) залежей Алтая, связанных с подводным вулканизмом и частью являющихся вулканогенно-осадочными образованиями.

Из субвулканического магматического источника происходят также рудные компоненты месторождений и молибдена типа «медно-порфировых» руд.

Согласно В. С. Домареву, в ранние этапы развития подвижных поясов источником металлов является верхняя мантия. «Интрузивные и эффузивные мантийные магмы выносят огромное количество металлов, концентрирующихся в месторождениях собственно магматического и колчеданного типа» [4]. Для интрузивного магматизма средних этапов поступления рудных компонентов из мантии не происходит. Эти компоненты для всех типов месторождений, включая локализующиеся в грейзенах, пегматитах и скарнах, заимствуются из пород сиала.

В. С. Домарев считает, что в поздние этапы образуются многочисленные и разнообразные месторождения, связанные преимущественно с кислым эффузивным магматизмом. Вместе с тем этот исследователь приходит к выводу, что в связи с развитием разрывных нарушений различного масштаба, создаются весьма благоприятные условия для образования метаморфических залежей, преимущественно жильной формы. В этот же период развития подвижных зон возникают осадочные месторождения цветных металлов, в которых в той или иной степени проявлено метаморфическое минералообразование.

В условиях платформенного развития, по мнению В. С. Домарева, метаморфические рудные залежи в осадочном чехле не формируются. Платформенный магматизм приурочен преимущественно к зонам глубинных разломов, источниками его являются верхние части мантии, а обусловленное им рудообразование сходно с рудообразованием начальных и ранних этапов развития подвижных зон, хотя и имеет ряд особенностей.

Таким образом, согласно В. С. Домареву, наиболее интенсивное метаморфогенное рудообразование протекает в поздние и средние этапы развития подвижных зон. Трещины различного происхождения и размера, а также замковые части складок и другие структурные элементы являются местами концентрации и путями миграции метаморфических растворов, а, следовательно, и возможными участками минерализации.

В. С. Домарев считает, что в некоторых случаях метаморфогенные месторождения по времени образования и пространственному размещению могут находиться в определенных соотношениях с соответствующими магматическими комплексами, хотя наличие или отсутствие их не имеет решающего значения для оценки локальных площадей.

На этом мы заканчиваем краткое изложение основных взглядов В. С. Домарева на условия образования метаморфогенных месторождений. Из приведенных данных следует, что основные представления, высказанные Г. Шнейдерхеном, Н. Г. Судовиковым и др., полностью вошли в разрабатываемое В. С. Домаревым учение о метаморфогенных месторождениях. Вместе с тем В. С. Домарев шире рассматривает генезис метаморфических месторождений и высказывает представление о возможности привноса некоторого количества рудного вещества из мантии.

Все критические замечания, высказанные нами ранее по представлениям Г. Шнейдерхена и Н. Г. Судовикова, полностью относятся также и к взглядам, развиваемым В. С. Домаревым. Кроме того, не может быть оставлен без замечаний и целый ряд дополнительных данных по вопросу о метаморфогенном рудообразовании, который вводит В. С. Домарев. Прежде всего следует отметить, что В. С. Домарев, в противовес Н. Г. Судовикову, который считает, что метаморфическое рудообразование происходит в стадию регрессивного метаморфизма, приходит к выводу, что эти месторождения возникают в процессе прогрессивного метаморфизма. Тем самым В. С. Домарев еще более отрывается от конкретной геологической обстановки. В действительности, породы, подвергшиеся неоднократному метаморфизму, являются только вмещающей средой для руд, возникающих из растворов, привнесенных из значительных глубин и не связанных с периодами регионального метаморфизма. В. С. Домарев, в противовес Н. Г. Судовикову, согласно которому метаморфические месторождения возникают в связи с мобилизацией металлов в процессе метаморфизма, считает, что значительная часть таких месторождений возникает в связи с метаморфизмом ранее возникших осадочных месторождений цветных и других металлов. Кроме того, в связи с взглядами об условиях образования метаморфогенных месторождений, высказанными В. С. Домаревым, могут быть сделаны еще следующие замечания.

1. В отличие от Г. Шнейдерхена, согласно которому метаморфогенные растворы переносятся на относительно небольшие расстояния от мест их зарождения, В. С. Домарев считает, что эти растворы переносятся на значительное расстояние. Он также отмечает, что в локализации оруденения основное значение имеют структурные элементы и жильные месторождения имеют также метаморфическое происхождение. Соответственно изложенному, получается, что В. С. Домарев все гидротермальные месторождения целиком перевел в группу метаморфических. При этом, в противовес своему предположению, высказанному в более ранних работах, когда к метаморфическим относились только пластовые рудные тела, в настоящее время В. С. Домарев относит к этой группе месторождения, обладающие любой морфологией.

2. В. С. Домарев подходит односторонне к условиям образования метаморфических (гидротермальных) месторождений. Это вытекает из его представления, что положение рудных залежей определяется преимущественно структурной подготовкой участка, а не составом и свойствами слагающих пород. В действительности состав и физико-механические свойства пород определяют условия возникновения разрывных и других тектонических нарушений, а химический состав пород определяет возможность протекания химических реакций растворов с вмещающими породами, развитие метасоматических процессов и локализацию руд.

3. В. С. Домарев неточно цитирует С. С. Смирнова в вопросе о генетической связи оруденения с массивами изверженных пород. В действительности С. С. Смирнов не отрицал такой связи, но отмечал, что она является более сложной, чем это считал В. Эммонс. Сам же С. С. Смирнов генетически связывал оруденение с корневыми частями остывающих массивов или с магматическими бассейнами (очагами). Наряду с этим у В. С. Домарева, так же как и у Н. Г. Судовикова, отсутствуют конкретные данные для суждения, что образование гранитоидов не сопровождается отделением более или менее существенных количеств термальных вод. В действительности сами гранитоиды возникают путем переплавления далеко не «сухих» пород. К тому же при кристаллизации интрузивных массивов, в результате дифференциации расплавленных масс и появления остаточных расплавов, создаются условия для концентрации металлических компонентов, которые в породах сиала до расплавления последних находились в количестве, не превышающем кларковое.

4. В. С. Домарев из всей группы гидротермальных месторождений не относит к метаморфическим лишь вулканогенно-осадочные месторождения, якобы генетически связанные с эффузивным процессом. Однако такое особое выделение вулканогенно-осадочных месторождений вряд ли целесообразно по следующим причинам: а) к настоящему времени отсутствуют примеры месторождений, для которых было бы достоверно установлено, что оруденение их генетически связано с эффузивами, б) весь имеющийся к настоящему времени фактический материал однозначно указывает на формирование сульфидного оруденения после того, как вмещающие его эффузивные образования оказались разбитыми разрывными нарушениями и прорванными дайками и штоками интрузивных пород. Вместе с тем вообще остается неясным как можно генетически связывать оруденение с эффузивами, при остывании которых летучая составная часть легко отделяется и уходит в атмосферу, и в то же время отрицать возможную генетическую связь оруденения с остывающими на глубине интрузивными образованиями и не учитывать при этом возможность отделения и накопления в благоприятных условиях гидротермальных растворов на тех глубинных уровнях, в пределах которых и происходит процесс рудоотложения. Трудно также понять причину того, почему В. С. Домарев нацело отрицает роль интрузивных пород как источников или концентраторов металлов, а подобную роль передает эффузивам.

5. Представления В. С. Домарева о выносе из мантии главной массы

металлов магмами ультраосновных и основных интрузий и эффузий, в основном в начальные этапы развития подвижных зон и в платформенную стадию, а в середине и поздние этапы формирование месторождений только лишь путем перераспределения материалов литосферы не являются достаточно обоснованными. В. С. Домарев при этом не учитывает, что:

а) по новейшим данным вулканологов состав продуктов мантии не обязательно соответствует ультраосновным породам, а в ряде случаев он оказывается близким к диоритам;

б) на примере Среднего Урала еще в 20-х годах было установлено Ф. Н. Шаховым, что ультраосновные породы и связанное с ними хромитовое оруденение возникли не в раннюю стадию развития подвижной зоны, а после главной фазы Уральской складчатости, следовательно, по крайней мере в среднюю стадию;

в) медноколчеданные месторождения в действительности в раннюю стадию развития подвижных зон не возникают. Исследования показывают, что медноколчеданные месторождения формируются после того, как вмещающие их осадочные, эффузивные, экструзивные и гипабиссальные породы (на Южном Урале две последние разности преобладают) оказываются смятыми в складки, разбитыми разрывными нарушениями, пересеченными жильными породами и подвергнуты более ранним сольфатарным, а затем и гидротермальным изменениям. Иными словами, колчеданные месторождения возникают так же, как и другие сульфидные, не в раннюю стадию развития подвижных зон, а в позднюю;

г) В. С. Домарев не приводит также достаточное количество фактов для суждения о том, что сульфидные месторождения других металлов, а также месторождения олова, вольфрама, молибдена и ряда редких и малых металлов возникают лишь путем перераспределения материалов литосферы и при их образовании не участвуют продукты, отделившиеся из мантии в глубинных зонах земли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ представлений Г. Шнейдерхена, Н. Г. Судовикова и В. С. Домарева о метаморфогенном образовании сульфидных месторождений показывает, что все они сходятся лишь в вопросе об источнике рудоносных растворов, к которому они относят породы литосферы, подвергающиеся региональному и контактовому метаморфизму. В. С. Домарев, кроме того, допускает поступление металлических элементов из мантии в начальный период развития подвижных зон и в период активизации платформ. По ряду важных вопросов метаморфогенного рудообразования упомянутые авторы, являющиеся основоположниками рассматриваемой теории, выказывают различные суждения. Г. Шнейдерхен, в частности, считает, что перенос металлических компонентов, мобилизованных при метаморфизме пород, происходит на близкое расстояние, не превышающее первых сотен метров, а Н. Г. Судовиков и В. С. Домарев придерживаются представления, что перенос этот происходит на расстоянии

многих километров. Н. Г. Судовиков высказал мнение, что метаморфогенное рудообразование происходит в регрессивную стадию метаморфизма, а В. С. Домарев приходит к заключению, что оно протекает в стадию прогрессивного метаморфизма. Г. Шнейдерхен не отрицает возможность формирования гидротермальных магматогенных месторождений, но наряду с этим он допускает возможность возникновения сульфидных и других месторождений в процессе метаморфизма осадочных толщ. Н. Г. Судовиков и В. С. Домарев вообще отрицают генетическую связь оруденения с процессами магматизма, а все гидротермальные месторождения они перевели в метаморфогенные. Все упомянутые исследователи, отстаивая представление о метаморфогенном рудообразовании в процессе регионального метаморфизма, отрываются от фактических наблюдений, указывающих на то, что региональный метаморфизм пород оторван на многие десятки и сотни миллионов лет от периода рудообразования и что этот метаморфизм в действительности прямого отношения к оруденению не имеет. Из изложенного следует, что представления упомянутых исследователей об условиях метаморфогенного рудообразования нельзя считать обоснованными ни фактическими наблюдениями, ни научными построениями и они не являются теоретической основой для поисков сульфидных месторождений.

ИГЕМ АН СССР

Поступила 19.VI.1970

Յ. Ի. Վոլֆսոն, Վ. Վ. Արխանգելսկայա

ՄԵՏԱՄՈՐՖՈԳԵՆ ՍՈՒՆՅԻՒԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՍՈՍՋԱՑՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հողվածում բերված է սուլֆիդային հանքավայրերի մետամորֆոզեն առաջացման տեսակետի կողմնակիցներ Գ. Շենյդերհյունի, Ն. Գ. Սուդովիկովի և Վ. Ս. Դոմարևի պատկերացումների մանրամասն շարադրանքը և ցույց է տրված նրանց դրույթների որոշ ընդհանրություններն ու մասնակի տարակարծությունները, որոնք հատկապես վերաբերում են հանքաբեր լուծույթների տղբյուրի, նրանց մետաղային բաղադրամասերի տեղափոխման ձևի և ուղիների, ինչպես նաև մետամորֆիզմի տարրեր ստապիտների պատկանելիության հարցերին:

Հեղինակների կողմից շեշտվում է այն հանգամանքը, որ վերոհիշյալ հետազոտողները կտրվում են դիտարկված փաստացի տվյալներից, և նրանց պատկերացումները մետամորֆոզեն հանքառաջացման պայմանների վերաբերյալ շեն կարող տեսական հիմք ծառայել սուլֆիդային հանքավայրերի որոնման համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Домарев В. С.* Отличительные черты гидротермальных и метаморфогенных месторождений (регионально-метаморфогенной группы). ДАН СССР, т. ХСVIII, № 3, 1954.
2. *Домарев В. С.* Некоторые геологические особенности метаморфических рудных месторождений. Матер. Всесоюз. научно-исследоват. геол. института, вып. 8, ч. 1. Госгеолтехиздат, 1956.
3. *Домарев В. С.* и *Образцова З. А.* О втором издании книги П. М. Татаринова «Условия образования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых» и критике ее Н. А. Брызгаловым и Ф. И. Вольфсоном. Зап. ВМО, ч. 94, в. 3, 1965.
4. *Домарев В. С.* О метаморфогенном рудообразовании. Советская геология, № 4, 1967.
5. *Котульский В. К.* О глубине жильных месторождений. Изв. геол. ком., 40, № 1, 1929.
6. *Судовиков Н. Г.* Метаморфогенное рудообразование. Советская геология, № 1, 1965.
7. *Шнейдерхен Г.* Рудные месторождения. Изд. ИЛ, М., 1938.